

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-251943

(43)Date of publication of application : 22.09.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G23F 1/00
H01L 21/28
H01L 21/3065
H01L 21/3205

(21)Application number : 08-059155

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 15.03.1996

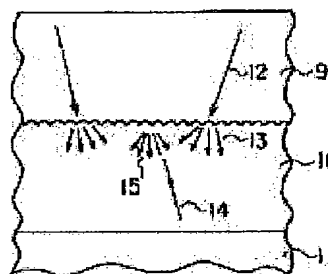
(72)Inventor : SATO YASUHIKO

(54) RESIST PATTERN FORMING METHOD AND SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the variation of the film thickness of a resist pattern by forming an irregular and fine rough surface of a film transparent to an exposure light wavelength on a substrate.

SOLUTION: An Al base film 11 on a substrate, a BPSG film 10 to be treated is formed thereon, a resist film 9 is formed on the film 10, and Ar light 12 is irradiated on the surface of the BPSG film 10 through the resist film 9 and reflected at the interface of the films 9, 10 in random directions to form an irregular and fine rough surface of the film 10. Thus, it is possible to form a resist pattern by eliminating the size variation due to the thickness variation of the resist, without providing any anti-reflective film.



SPECIFICATION <EXCERPT>

[0031]

On the scattering acceleration film formed in the above-described manner, a processed film which is transparent to the exposure wavelength is formed. Also in the second embodiment, examples of the processed film include a TEOS oxide film, a BPSG film, an SiO₂ film, and an SiN film as in the first embodiment.

[0032]

Furthermore, as in the above-described first embodiment, a photosensitive composition is applied onto the processed film to form a resist film, and the pattern exposure and the developing process are performed thereon to accurately form a resist pattern in a desired size. Note that the usable photosensitive composition, exposure wavelength, developing solution, etc. are the same as in the first embodiment.

[0033]

Next, a pattern forming method according to the third embodiment is described in detail. The substrate which can be used in the third embodiment is not specifically limited, and a common semiconductor substrate, etc. such as a silicon wafer substrate and the like may be used. On the substrate, an interconnection film, an insulate film, an electrode film, etc. may be formed. Furthermore, as a processed film, it is not specifically limited as long as the film is transparent to the exposure wavelength. Examples of the processed film include a TEOS oxide film, a BPSG film, an SiO₂ film, and an SiN film.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-251943

(43)公開日 平成9年(1997)9月22日

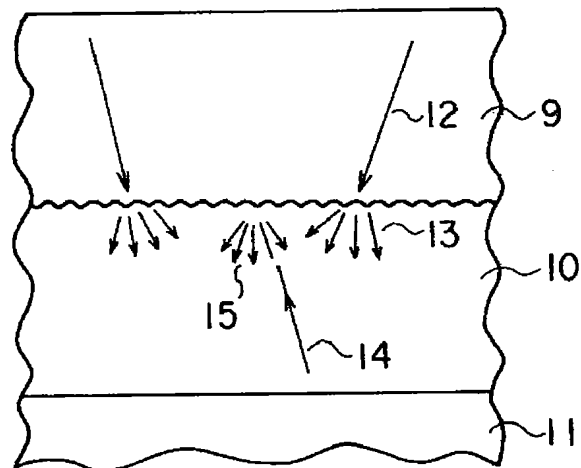
(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 7 4
C 2 3 F 1/00	1 0 2		C 2 3 F 1/00	1 0 2
H 0 1 L 21/28			H 0 1 L 21/28	L
21/3065			21/302	H
21/3205			21/88	B
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)				
(21)出願番号	特願平8-59155		(71)出願人	000003078
(22)出願日	平成8年(1996)3月15日			株式会社東芝
				神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
			(72)発明者	佐藤 康彦
				神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
				式会社東芝研究開発センター内
			(74)代理人	弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 レジストパターン形成方法および半導体装置

(57)【要約】

【目的】 被加工膜を高い寸法精度で加工し得るレジストパターンを、反射防止膜を設けることなく、しかもレジスト膜厚の変動に伴う寸法変動なく形成し得るパターン形成方法を提供する。

【構成】 基板上に、露光波長に対して透明である被加工膜を形成する工程と、前記被加工膜上に感光性組成物を塗布し、フォトリソを形成する工程と、前記フォトリソに、前記露光波長を含む光源を用いてパターン露光を施す工程と、前記露光後のフォトリソを、現像液を用いて現像処理する工程とを具備するレジストパターン形成方法である。前記被加工膜を形成する工程は、この被加工膜の表面に不規則で微細な凹凸を形成する工程を含むことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、露光波長に対して透明である被加工膜を形成する工程と、
前記被加工膜上に感光性組成物を塗布し、フォトレジストを形成する工程と、
前記フォトレジストに、前記露光波長を含む光源を用いてパターン露光を施す工程と、
前記露光後のフォトレジストを、現像液を用いて現像処理する工程とを具備し、
前記被加工膜を形成する工程は、この被加工膜の表面に不規則で微細な凹凸を形成する工程を含むことを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項2】 下地膜上に、散乱促進膜を形成する工程と、
前記散乱促進膜の直上に、露光波長に対して透明である被加工膜を形成する工程と、
前記被加工膜上に感光性組成物を塗布し、フォトレジストを形成する工程と、
前記フォトレジストに、前記露光波長を含む光源を用いてパターン露光を施す工程と、
前記露光後のフォトレジストを、現像液を用いて現像処理する工程とを具備し、
前記散乱促進膜を形成する工程は、前記露光時に前記被加工膜中に発生する定在波を減衰させるように、前記被加工膜の表面に不規則で微細な凹凸を形成する工程を含むことを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項3】 前記微細な凹凸の深さおよび凸部のピーク間の距離を、前記被加工膜中における前記露光波長以下に設定する請求項1または2に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項4】 基板上に被加工膜を形成する工程と、
前記被加工膜上に、有機膜を形成する工程と、
前記有機膜上に感光性組成物を塗布し、フォトレジストを形成する工程と、
前記フォトレジストにパターン露光を施す工程と、
前記露光後のフォトレジストを、現像液を用いて現像処理する工程とを具備し、
前記有機膜に、炭素原子、あるいは炭素原子と、水素原子、窒素原子および酸素原子から選択された少なくとも1種の原子との組み合わせからなる微粒子を含有するものをを用いることを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項5】 基板と、
前記基板上に形成され、露光波長に対して透明であるパターンニングされた膜とを具備し、
前記露光波長に対して透明である膜は、その表面に微細な凹凸を有し、その微細な凹凸の深さおよび凸部のピーク間の距離は、この膜をパターンニングする際の前記透明である膜中における前記露光波長以下であることを特徴とする半導体装置。

【請求項6】 基板と、

前記基板上に形成され、その表面に微細な凹凸を有する散乱促進膜と、
前記散乱促進膜の直上に形成され、露光波長に対して透明であるパターンニングされた膜とを具備し、
前記散乱促進膜表面の微細な凹凸の深さおよび凸部のピーク間の距離は、露光波長に対して透明である膜をパターンニングする際の前記透明である膜中における前記露光波長以下であることを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の微細加工に用いられるレジストパターンの形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の製造工程は、シリコンウェハー上に複数の層を形成し、これらを所望のパターンにパターンニングする工程が多く含まれている。パターンニングの際には、まず、シリコンウェハー上に形成された絶縁体、導体、半導体薄膜上にスピンコーティング法等によりフォトレジストを塗布してレジスト膜を形成する。次に、このレジスト膜に選択的に露光を施した後、現像工程を経てレジストパターンを得、このレジストパターンをエッチングマスクとして用いて基板上に形成された被加工膜である絶縁体、導体、または半導体薄膜をエッチング加工を施すことによって、微細な配線や開孔等を所望のパターンに加工する。すなわち、被加工膜を精度よく加工するためには、レジストパターンの寸法を高精度で制御することが必要である。しかしながら、露光光に対して高い反射率を有する基板上のパターン形成工程においては、基板段差部からの反射光の作用によって局所的なレジスト寸法の変動やプロファイルの劣化が生じる場合がある。

【0003】また、露光光に対して比較的透明なケイ素酸化物やケイ素窒化物がレジスト膜の直下に存在する場合には、露光光はこれらの透明膜中で多重反射する。それゆえ、これらの膜厚が変動すると、上記多重反射の挙動がその影響を受けることになる。結果として、レジスト膜に与えられる光エネルギーの量が実質的に変動し、レジスト寸法の制御性に重大な影響を及ぼす。さらに、多重反射はレジスト膜中でも発生するため、レジスト膜厚の変動がある場合には、やはり寸法変動に大きな影響を及ぼす。

【0004】上記の問題を解決するために、レジスト膜と基板との間に反射防止膜を形成する方法が提案されている(特開昭56-80133号)。この方法においては、基板と反射防止膜との界面で反射した光、およびレジスト膜と反射防止膜との界面で反射した光は、反射防止膜による露光光の吸収、および位相の反転によって打ち消される。このため、再度レジスト膜に反射する光の

強度は著しく弱められ、基板段差からの露光光の反射、あるいはレジスト膜厚の変動に伴うレジストパターンの寸法変動やプロファイルの劣化を低減することができ

【0005】一方、レジスト膜の下地が透明膜の場合、透明膜の膜厚バラツキに対するレジストパターンの寸法変動を抑制するためには、反射防止膜で露光光を吸収し、透明膜に入射する露光光の強度を可能な限り減じる必要がある。露光波長 λ に対する消衰係数 k の膜中を距離 x だけ進んだとき、光の強度は $\exp(-4\pi kx/\lambda)$ で表される。したがって、露光光に対する消衰係数 k および反射防止膜の膜厚 d のいずれかの変数を大きくすることによって、反射防止膜中で吸収される光強度は増大し、透明膜まで到達する光を低減することができる。

【0006】ところで、レジスト膜の直下に形成される反射防止膜の膜厚は、次のような理由から可能な限り薄くする必要がある。すなわち、反射防止膜の膜厚が大きい場合には、この反射防止膜をエッチングする際に生じる寸法変換差が増大し、しかも、レジスト削れが生じ、所望の寸法に加工すべき被加工膜の寸法精度を向上させることができない。したがって、反射防止膜の膜厚を厚くすることは好ましくない。

【0007】透明膜に到達する光強度を可能な限り抑制し、かつ反射防止膜を薄膜化するためには、消衰係数 k を大きくすることが好ましい。しかしながら、レジスト膜と反射防止膜との界面での光反射率は、反射防止膜内で光が吸収され下地基板に光が到達しないとき、レジスト膜と反射防止膜の露光波長での複素屈折率をそれぞれ $n+ik$ 、および n_0+ik_0 とすると、下記の式で表

【0008】

【数1】

$$R = \frac{(n-n_0)^2 + (k-k_0)^2}{(n+n_0)^2 + (k+k_0)^2}$$

【0009】したがって、反射防止膜の消衰係数を大きくすると、結果的に光反射率 R が大きくなり、レジストの膜厚変動に対してレジストパターンの寸法変動が顕著

【0010】以上のことから、レジスト膜および被加工膜内に発生する多重反射の抑制と、反射防止膜の薄膜化とを同時に満たす材料が求められているものの、未だ得られていないのが現状である。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明は、被加工膜を高い寸法精度で加工し得るレジストパターンを、反射防止膜を設けることなく、しかもレジスト膜厚の変動に伴う寸法変動なく形成し得るパターン形成方法

を提供することを目的とする。また、本発明は、このようなレジストパターンをエッチングマスクとして用いて微細加工し、製造された半導体装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、第1の発明は、基板上に、露光波長に対して透明である被加工膜を形成する工程と、前記被加工膜上に感光性組成物を塗布し、フォトレジストを形成する工程と、前記フォトレジストに、前記露光波長を含む光源を用いてパターン露光を施す工程と、前記露光後のフォトレジストを、現像液を用いて現像処理する工程とを具備し、前記被加工膜を形成する工程は、この被加工膜の表面に不規則で微細な凹凸を形成する工程を含むことを特徴とするレジストパターン形成方法を提供する。

【0013】また、第2の発明は、下地膜上に、散乱促進膜を形成する工程と、前記散乱促進膜の直上に、露光波長に対して透明である被加工膜を形成する工程と、前記被加工膜上に感光性組成物を塗布し、フォトレジストを形成する工程と、前記フォトレジストに、前記露光波長を含む光源を用いてパターン露光を施す工程と、前記露光後のフォトレジストを、現像液を用いて現像処理する工程とを具備し、前記散乱促進膜を形成する工程は、前記露光時に前記被加工膜中に発生する定在波を減衰させるように、前記被加工膜の表面に不規則で微細な凹凸を形成する工程を含むことを特徴とするレジストパターン形成方法を提供する。

【0014】さらに、第3の発明は、基板上に被加工膜を形成する工程と、前記被加工膜上に、有機膜を形成する工程と、前記有機膜上に感光性組成物を塗布し、フォトレジストを形成する工程と、前記フォトレジストにパターン露光を施す工程と、前記露光後のフォトレジストを、現像液を用いて現像処理する工程とを具備し、前記有機膜に、炭素原子、あるいは炭素原子と、水素原子、窒素原子および酸素原子から選択された少なくとも1種の原子との組み合わせからなる微粒子を含有するものを用いることを特徴とするレジストパターン形成方法を提供する。

【0015】以下、本発明を詳細に説明する。第1の発明において用いられ得る基板としては、特に限定されず、シリコンウェハ基板等、通常の半導体基板等を使用することができ、この基板には、配線材料、電極材料、絶縁膜等が形成されていてもよい。また、被加工膜としては、パターン露光の際の露光波長に対して透明なものであれば特に限定されることなく、例えば、TEOS酸化膜、BPSG膜、SiO₂膜およびSiN膜等が挙げられる。

【0016】被加工膜は、CVD法、スパッター法、および蒸着法等の通常の成膜方法を用いて、基板上に形成することができる。例えば、CVD法、スパッター法、

および蒸着法等を用いて被加工膜を成膜する場合には、反応ガス流量、反応温度、バイアス電圧等の成膜条件を適宜調節することによって、被加工膜を成膜すると同時に、その表面に微細な凹凸を不規則に形成することができる。

【0017】あるいは、CVD法、スパッター法、蒸着法、スピニング法、および浸透法等を用いて表面が滑らかな被加工膜を形成し、後の工程でその表面に微細な凹凸を不規則に形成してもよい。具体的には、スパッタリング、プラズマドライエッチング、薬品処理、化学的機械的研磨(CMP)等の方法により、所望の凹凸を形成することができる。

【0018】なお、被加工膜の表面に形成される凹凸の深さ、および凸部のピーク間の距離は、最大でも被加工膜中における露光波長以下となるようにすると、反射光の干渉が発生しても互いに平均化され相殺することができるので好ましい。

【0019】以上のように形成された被加工膜上に、感光性組成物を塗布して、ベーキング処理を行いレジスト膜を形成する。この際、反射防止効果をより高めるため、あるいはレジストのプロファイルをより精度よくするために、被加工膜とレジスト膜との間に薄膜を形成してもよい。薄膜としては、市販の塗布型反射防止膜あるいは熱酸化したノボラック樹脂、ポリサルフォン、ポリアミド等のポリマー中の官能基が露光波長を吸収するポリマー；ポリメタクリル酸、ポリメチルメタクリレートのようにドライエッチング耐性の弱い樹脂に、露光波長を吸収するクマリン、クルクミン等の染料を混合した樹脂膜等が挙げられ、その膜厚は適宜選択することができるが、例えば、10～100nm程度とすることが好ましい。

【0020】感光性組成物の種類としては、可視光、紫外光などを照射して露光を施すことにより、現像液に対する溶解性が変化する任意の組成物を使用することができる、特に限定されない。これらの感光性組成物は、目的に応じて、ポジ型またはネガ型を選択することができる。具体的には、ポジ型のレジストとしては、例えば、ナフトキノンジアジドとノボラック樹脂とを含有するレジスト(IX-770、日本合成ゴム社製)、t-BOCで保護したポリビニルフェノール樹脂とオニウム塩とを含有する化学増幅型レジスト(APEX-E、シップレー社製)などが挙げられる。一方、ネガ型のレジストとしては、例えば、ポリビニルフェノールとメラミン樹脂と光酸発生剤とを含有する化学増幅型レジスト(XP-89131、シップレー社製)、ポリビニルフェノールとビスアジド化合物とを含有するレジスト(RD-2000D、日立化成社製)などが挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0021】このようなレジストの塗布方法としては、スピニング法、ディッピング法等を使用することがで

きる。なお、加熱温度および時間は、感光性組成物の種類に応じて適宜選択することができ、例えば、化学増幅型レジストの場合には、150℃以下、好ましくは70～120℃で乾燥することによりレジスト膜が形成される。

【0022】形成されたレジスト膜には、所望のパターンを有するマスクを介して、露光光である可視光、紫外光等を照射して露光を施す。紫外光を照射するための光源としては、水銀灯、XeF(波長351nm)、XeCl(波長308nm)、KrF(波長248nm)、KrCl(波長222nm)、ArF(波長193nm)、F₂(波長151nm)等のエキシマレーザを挙げることができる。あるいは、マスクを用いずパターンデータにより描画を行うことにより露光を施してもよい。

【0023】なお、位相シフトマスク、変形光源照明法、瞳フィルタリング法、および多重焦点露光法等の各種露光方法と組み合わせて露光を行ってもよい。次いで、必要ならば、露光後のレジスト膜を、熱板、オープンを用いて、または赤外線照射等によって熱処理(ベーキング)する。なお、ベーキングの温度は、レジストの種類に応じて適宜選択することができ、例えば、化学増幅型レジストの場合には、約50～130℃の範囲内が好ましい。

【0024】その後、上述の工程を経たレジスト膜を浸漬法、スプレー法等にしたがって現像処理することにより、レジスト膜の露光部または未露光部を選択的に溶解して、所望のパターンを得る。ここで用いられる現像液は、各々のレジストに応じて適宜選択することができる。例えば、化学増幅型レジストの場合には、無機または有機アルカリ水溶液、有機溶媒等を使用することができる。無機アルカリとしては、水酸化カリウム、水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウム、ケイ酸ナトリウム、メタケイ酸ナトリウムなどを挙げることができる。有機アルカリとしては、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド、トリメチルヒドロキシエチルアンモニウムヒドロキシドなどを挙げることができる。さらに、これらにアルコール、界面活性剤等を添加して用いてもよい。

【0025】現像後の基板およびレジスト膜に対しては、水等を用いてリンス処理を施し、さらに乾燥させることにより所望のパターンが得られる。次に、第2の発明のレジストパターン形成方法について、詳細に説明する。

【0026】第2の発明の方法において、下地膜としては、シリコン基板、シリコン基板上に成膜がなされた配線材料、電極材料、ポリイミド、SOG等の有機系材料を含む絶縁膜、あるいはブランクマスク材等が挙げられる。

【0027】この下地膜上に形成され、表面に微細な凹凸を有する散乱促進膜としては、配線材料、電極材料、

および絶縁膜等を挙げることができ、任意の成膜方法により形成することができる。例えば、CVD法、スパッタ法、および蒸着法等を用いて散乱促進膜を成膜する場合には、反応ガス流量、反応温度、バイアス電圧等の成膜条件を適宜調節することによって、成膜と同時に、その表面に微細な凹凸を不規則に形成することができる。

【0028】あるいは、CVD法、スパッタ法、蒸着法、スピニング法、および浸透法等を用いて表面が滑らかな膜を形成し、後の工程でその表面に微細な凹凸を不規則に形成してもよい。具体的には、スパッタリング、プラズマドライエッチング、薬品処理、化学的機械的研磨(CMP)等の方法により、所望の凹凸を形成することができる。

【0029】この際、微細な凹凸は、被加工膜内に発生する定在波を低減するように形成する。なお、被加工膜中に発生する定在波は、被加工膜の膜厚を変化させてレジストパターンを形成し、被加工膜の膜厚に対するレジストパターンの寸法を測定することで検出することができる。被加工膜の膜厚を変化させ、被加工膜の膜厚に対してレジストパターンの寸法を測定し、被加工膜の膜厚に対してレジストパターンの寸法が正弦波形状に変化する場合、被加工膜で定在波が発生していることになる。この正弦波の振幅が小さくなるように微細な凹凸を形成すればよい。

【0030】なお、散乱促進膜の表面に形成される凹凸の深さ、および凸部のピーク間の距離は、最大でも被加工膜中における露光波長以下となるようにすると、反射光の干渉が発生しても互いに平均化され相殺することができるので好ましい。

【0031】以上のように形成された散乱促進膜上には、露光波長に対して透明である被加工膜を形成する。第2の発明においても、被加工膜としては、上述の第1の発明と同様のTEOS酸化膜、BPSG膜、SiO₂膜およびSiN膜等が挙げられる。

【0032】さらに、上述の第1の発明の場合と同様にして、感光性組成物を被加工膜上に塗布してレジスト膜を形成し、パターン露光、および現像処理を施すことによって、所望の寸法で精度よくレジストパターンが形成される。なお、使用され得る感光性組成物、露光波長、および現像液等は、第1の発明と同様である。

【0033】次に、第3の発明のパターン形成方法について、詳細に説明する。第3の発明において用いられ得る基板としては、特に限定されず、シリコンウェハー基板等、通常の半導体基板等を使用することができ、この基板には、配線膜、絶縁膜、電極膜等が形成されていてもよい。また、被加工膜としては、露光波長に対して透明なものであれば特に限定されることなく、例えば、TEOS酸化膜、BPSG膜、SiO₂膜およびSiN膜等が挙げられる。

【0034】また、有機膜の材料は、特に限定されないが、例えば、CD9(プリューワーサイエンス社製)、SWK(東京応化工業社製)、熱酸化したノボラック樹脂、ポリサルフォン、ポリアミド等のポリマー中の官能基が露光波長を吸収するポリマー；ポリメタクリル酸、ポリメチルメタクリレートのようにドライエッチング耐性の弱い樹脂に、露光波長を吸収するクマリン、クルクミン等の染料を混合したものなどが挙げられる。これらのポリマーは、アセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、シクロヘキサノン等のケトン系溶媒；メチルセロソルブ、メチルセロソルブアセテート、エチルセロソルブアセテート等のセロソルブ系溶媒；酢酸エチル、酢酸ブチル、酢酸イソアミル等のエステル系溶媒などに溶解して用いることができる。

【0035】さらに、この溶液に、炭素原子、または炭素原子と、水素原子、窒素原子、酸素原子から選択された少なくとも1種の原子との組み合わせからなる微粒子を混合する。かかる微粒子としては、例えば、カーボン粒子等が挙げられ、その粒径は、1~30nm程度であることが好ましい。

【0036】なお、第3の発明の方法において、有機膜中に含有される微粒子は、このように溶液中に配合されたものに限定されず、溶液中の成分が化学反応して生じた反応生成物であってもよい。

【0037】上述のような成分を含有する溶液を、被加工膜上にスピニング法や浸透法等で塗布した後、ベーキングを行って有機膜を形成することができる。なお、有機膜の膜厚は、10~100nm程度であることが好ましく、この有機膜は反射防止膜として機能する。

【0038】以上の方法で形成した反射防止膜上に、感光性組成物を塗布し、ベーキング処理を行ってレジスト膜を形成する。この際、反射防止効果をより高めるため、あるいはレジストのプロファイルをより精度よくするために、反射防止膜とレジスト膜との間に薄膜を形成してもよい。薄膜としては、市販の塗布型反射防止膜あるいは熱酸化したノボラック樹脂、ポリサルフォン、ポリアミド等のポリマー中の官能基が露光波長を吸収するポリマー；ポリメタクリル酸、ポリメチルメタクリレートのようにドライエッチング耐性の弱い樹脂に、露光波長を吸収するクマリン、クルクミン等の染料を混合した樹脂膜等が挙げられ、その膜厚は適宜選択することができるが、例えば、10~100nm程度とすることが好ましい。

【0039】この第3の発明においても、使用され得る感光性組成物は、上述の第1の発明と同様であり、同様にして露光、現像を行なうことにより、所望の寸法で精度よくレジストパターンが形成される。

【0040】次に、図面を参照して、本発明の原理を説明する。図1は、本発明の原理を示す模式図である。図1中、2は第k層を表し、1および3はそれぞれ第(k

—1)層および第(k+1)層を表す。

【0041】通常、多層膜中の第k層に、その上層の第(k-1)層から光が入射した場合には、第k層中で発生する多重反射の大きさを表わす指標として、下記式で表わされるスイング比Sが用いられている。

【0042】

$$S = 4 (R_k R_{k+1})^{0.5} \exp(-\alpha d)$$

R_k は、第(k-1)層と第k層との界面で、第k層に向かって再反射される強度反射率であり、 R_{k+1} は、第k層と第(k+1)との界面で第k層に向かって再反射される強度反射率を表わし、 α は第k層の吸収係数、 d は第k層の膜厚である。

【0043】なお、図1においては、6は第(k-1)層から第k層に入射する光を表し、7は第(k-1)層と第k層との界面で第k層に向かって反射する光を表し、8は第(k+1)層と第k層との界面で第k層に向かって反射する光を表している。また、4および5は、それぞれ上述の R_k および R_{k+1} に相当する。すなわち、4は第(k-1)層と第k層との界面で、第k層に向かって再反射される強度反射率を表し、5は、第k層と第(k+1)との界面で第k層に向かって再反射される強度反射率を表わしている。

【0044】上述の式から、 R_k および R_{k+1} の少なくとも一方の強度反射率を低下させれば、第k層の膜内で発生する多重反射を小さくすることが可能であることがわかる。また、第(k-1)層から第k層に入射する光6の入射方向、あるいは、第(k-1)層と第k層との界面で第k層に向かって反射される光7の方向、第k層と第(k+1)層との界面で第k層に向かって反射される光8の方向がランダムであれば、第k層内の光線間の光の干渉性が低下するために第k層で発生する多重反射を低減することができる。すなわち、本発明では、これらの原理を用いて露光波長に対して透明な膜内で発生する多重反射を低減する。

【0045】第1の発明では、露光波長に対して透明である被加工膜の表面に、任意に微細な凹凸を形成している。このような被加工膜上にレジスト膜を形成し、露光する際の膜内における光の状態を図2に模式的に示す。

【0046】図2に示すように、基板11上には、被加工膜10およびレジスト膜9が順次形成されており、被加工膜10の上には凹凸が設けられている。レジスト膜9中に入射された光12は、レジスト膜9と被加工膜10との界面で、凹凸の存在のためにランダムな方向に入射される光13となる。なお、図2中、14は被加工膜10と基板11との界面で反射された光を表し、15は、ランダムな方向に再反射する光を表している。すなわち、レジスト膜9と、被加工膜10との界面で被加工膜中に向かって反射する光の強度が低下するため、被加工膜10内で発生する多重反射は減少する。

【0047】さらに、レジスト膜9と被加工膜10との

界面において被加工膜中に向かってランダムな方向に光は入射、あるいは散乱するため、光の干渉性が低下し、被加工膜内で発生する多重反射は減少する。また、レジスト膜9に再入射する光の方向もランダムであるため、レジスト膜9内で発生する多重反射も減少する。

【0048】第2の発明では、表面に微細な凹凸を有する散乱促進膜の直上に、露光波長に対して透明である被加工膜を形成している。このような被加工膜上にレジスト膜を形成し、露光する際の膜内における光の状態を図3に模式的に示す。

【0049】図3に示すように、基板19上には、散乱促進膜18、被加工膜17およびレジスト膜16が順次形成されており、散乱促進膜18の表面には微細な凹凸が設けられている。レジスト膜16に入射された光20は、被加工膜17を透過して、この被加工膜17と散乱促進膜18との界面でランダムな方向に散乱される。なお、図3中、ランダムな方向に散乱される光は、21で表されている。すなわち、被加工膜17の直下に形成された散乱促進膜18と、被加工膜17との界面での強度反射率が低下し、被加工膜中で発生した多重反射は減少する。さらに、図3に示すように、この界面で被加工膜17中に向かってランダムな方向に光は散乱するため、光の干渉性が低下し被加工膜中で発生する多重反射は減少する。

【0050】また、レジスト膜16中に再入射する光の方向もランダムであるため、レジスト膜内で発生する多重反射も減少する。すなわち、第1の発明の方法により形成されたレジストパターンを用いて微細加工を行うことにより、基板と、前記基板上に形成され、露光波長に対して透明であるパターンニングされた膜とを具備し、前記露光波長に対して透明である膜は、その表面に微細な凹凸を有し、その微細な凹凸の深さおよび凸部のピーク間の距離は、この膜をパターンニングする際の前記透明である膜中における前記露光波長以下であることを特徴とする半導体装置が提供される。

【0051】また、第2の発明の方法により形成されたレジストパターンを用いて微細加工を行うことにより、基板と、前記基板上に形成され、その表面に微細な凹凸を有する散乱促進膜と、前記散乱促進膜の直上に形成され、露光波長に対して透明であるパターンニングされた膜とを具備し、前記散乱促進膜表面の微細な凹凸の深さおよび凸部のピーク間の距離は、露光波長に対して透明である膜をパターンニングする際の前記透明である膜中における前記露光波長以下であることを特徴とする半導体装置が提供される。

【0052】第1の発明および第2の発明のいずれの方法を用いても、極めて寸法制御性のよいレジストパターンを形成することができるので、高い寸法制御性で被加工膜を加工して、コンタクトホール等を形成することが可能である。その結果、長期間の動作でも故障のない半

導体装置を得ることができる。

【0053】また、第3の発明では、露光波長に対して透明な被加工膜の上に、有機膜を介してレジスト膜を形成している。この有機膜中には微粒子が含有されており、それによって光は散乱されるために、レジスト膜または被加工膜に対して光はランダムな方向に入射して、光の干渉性が低下する。結果として、レジスト膜内あるいは被加工膜内で発生する多重反射が減衰する。しかも、有機膜中の微粒子は、炭素原子、または炭素原子と水素原子、窒素原子、および酸素原子から選択された少なくとも1種との組み合わせからなるため、残さが発生することもなく、酸素系のガスを用いてドライエッチングすることにより、容易にこの有機膜を加工することができる。

【0054】本発明の方法により、反射防止膜を形成せずともレジスト膜あるいは被加工膜内に発生する多重反射を有効に防止することができるので、レジスト膜厚や被加工膜の膜厚に依存しない寸法制御性のよいレジストパターンが形成される。

【0055】しかも、反射防止膜を形成しなくともよいので、反射防止膜のエッチング後に生じる寸法変換差を考慮する必要がなく、極めて精度よく所望の寸法に被加工膜をパターンニングすることが可能となる。

【0056】

【発明の実施の形態】以下に、実施例および比較例を示して本発明のレジストパターン形成方法を詳細に説明する。

(実施例1) シリコンウエハー基板上にアルミニウム膜を形成し、その上に膜厚500nmの被加工膜としてのBPSG膜を形成した。次に、BPSG膜の表面を粗面化するためECRイオン源を用いてArイオンを照射した。ECRイオン源の装置の概略図と、ウエハー基板との位置関係を図4に示す。

【0057】このECRイオン源装置を用いて、周波数2.45GHzのマイクロ波22を導入し、磁気コイル23の磁束密度875Gとしてプラズマ24を発生させ、イオン引き出し電極25はイオン引き出し電圧1000V、電流密度1mA/cm²とし、真空度2×10⁻⁴Torr、照射時間200秒の照射条件で、イオンビーム26により、BPSG膜が形成されたシリコンウエハー基板27にArイオンの照射を行なった。

【0058】照射後のBPSG膜表面には、不規則な凹凸が形成されており、その凸部間の距離および凹凸の深さは、最大でも10nmであった。次に、BPSG膜上にジアゾナフトキノ系レジストを膜厚850nmで塗布し、98℃で120秒間ベーキングを行ない、高圧水銀灯のi線を光源とする縮小光学型ステッパー(NA=0.5)で露光を行なった(露光量300mJ/cm²)。

【0059】そして、0.18規定のテトラメチルアン

モニウムヒドロキシド(TMAH)現像液で60秒間現像を行った後、98℃で120秒間ベーキングを行ない、直径0.5μmのコンタクトホールパターンを形成した。

【0060】さらに、上述と同様のアルミニウム膜が形成されたシリコンウエハー基板を用いて、レジスト膜の膜厚を850nmに固定し、BPSG膜厚を450~550nmの範囲で変動させて、上述と同様にしてコンタクトホールパターンを形成した。BPSG膜厚とコンタクトホールパターンの直径との関係を図5のグラフに示す。

【0061】図5に示すように、コンタクトホールパターンの直径はBPSG膜厚の変化とともに変化している。ここで、膜内に発生した多重反射によるコンタクトホールパターンの寸法変動量を、レジスト膜厚に対する直径の最大値と最小値との差として定義すると、BPSG膜厚の変動に伴うコンタクトホールパターンの寸法変動量は0.038μmである。コンタクトホールの許容寸法変動量は0.05μmであるので、この場合はその範囲内にあることがわかる。

【0062】次に、BPSG膜の膜厚を500nmで固定し、レジスト膜厚を800~900nmの範囲で変動させて、上述と同様にしてコンタクトホールパターンを形成した。レジスト膜厚とコンタクトホールの直径との関係を図6のグラフに示す。

【0063】図6に示すように、レジストの膜厚変動に伴うコンタクトホールパターンの寸法変動量は0.042μmであり、許容寸法変動量である0.05μmを満たしていることがわかる。

【0064】なお、Arイオンの照射時間は、次のようにして決定した。上述のようにして定義したコンタクトホールパターンの寸法変動量を、Arイオンの照射時間に対してプロットしたグラフを図7に示す。なお、図7中、曲線aはレジスト膜厚を変化させた場合であり、曲線bはBPSG膜厚を変化させた場合の寸法変動量を示す。

【0065】曲線aおよびbのいずれの場合も、照射時間が200秒より短いと寸法変動量が大きく、この時間では、BPSG膜の表面が十分に粗面化されず滑らかであるため、BPSG膜内で発生する多重反射を抑えることができないことがわかる。したがって、Arイオンの照射時間を200秒とした。

【0066】次に、コンタクトホールパターンをマスクとして用いてBPSG膜のエッチングを行なった。エッチング装置としては、平行平板型のRIE装置を用い、ソースガスC₃F₈、圧力10mTorr、励起電力1.3kW/cm²、RF周波数13.56MHzの条件でエッチングを行なった。

【0067】エッチング後のBPSG膜の開孔部の直径は0.55μmであり、規格内の寸法(0.5μm±1

0%)でBPSG膜の加工を行なうことができた。

(実施例2) 上述の実施例1の方法でBPSG膜にコンタクトホールを開孔して作製した半導体装置を、無作為的に1000チップ抽出し、各チップを不良が生じるまで動作させた結果、すべてのチップが43800時間以上、正常に動作した。

(比較例1) BPSG膜表面の粗面化処理を行わない以外は、前述の実施例1と同様にしてレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとしてBPSG膜にコンタクトホールを開孔して半導体装置を製造した。得られた半導体チップを無作為的に1000チップ抽出し、各チップを不良が生じるまで動作させた結果、43800時間以上正常に動作しなかったチップが102個発生した。

(実施例3) 被加工膜であるBPSG膜に対してArプラズマを照射し、BPSG膜表面に粗面化処理を行なった後、このBPSG膜上に反射防止膜を形成した。なお、本実施例で用いた基板の構成、およびArイオンの形成条件は実施例1と同様である。

【0068】まず、Arイオンを150秒間でBPSG膜に照射して表面に粗面化処理を施し、その後、ポリサルフォン系樹脂を主成分とする溶液を膜厚50nmで塗布し、220℃で120秒間のベーキングを行なって有機系の塗布型反射防止膜を形成した。

【0069】この反射防止膜上に、化学増幅型レジスト(APEX-E、シップレー社製)を塗布し、110℃で120秒間ベーキングを行なって膜厚500nmのレジスト膜を得た。さらに、KrFエキシマレーザー光を光源とする縮小光学型ステッパー(NA=0.5)で露光を行なった(露光量 $43\text{mJ}/\text{cm}^2$)。次いで、110℃で120秒間ベーキングを行なった後、0.13規定のTMAH現像液で90秒間現像を行ない、直径0.25 μm のコンタクトホールパターンを形成した。

【0070】BPSG膜厚を500nmに固定し、レジスト膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を500nmで固定し、BPSG膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合のコンタクトホールパターンの寸法変動量を測定したところ、いずれも0.02 μm であり、許容範囲内(0.025 μm)であることがわかった。

【0071】次に、得られたコンタクトホールパターンをエッチングマスクとして用いて反射防止膜のエッチングを行なった。エッチング装置としては、平行平板型のRIE装置を用い、ソースガスとして CHF_3 と O_2 とを2:3の割合で混合した混合ガスを使用した。また、エッチング条件は、圧力10mTorr、励起電力1.3kW/ cm^2 、RF周波数13.56MHzとした。

【0072】ここで、反射防止膜をエッチングする際の断面図を図8に示す。図8に示すように例えばAl-Siからなる基板31上には、BPSG膜30、および反

射防止膜29が順次形成されており、反射防止膜29上には、直径 d_1 でパターニングされたレジスト膜28が形成されている。図8(a)に示すように、通常、レジストパターン28はテーパ角を有しているため、反射防止膜29を直径 d_1 にエッチングすることができない。エッチング後に反射防止膜29の直径は、図8

(b)に示すように d_2 となってしまう。ここで、($d_2 - d_1$)を寸法変換差として定義する。この寸法変換差のために、被加工膜が所望の寸法精度に仕上げることはできない。

【0073】本実施例において、反射防止膜のエッチング後生じた寸法変換差を測定したところ、0.02 μm であり、許容範囲の0.025 μm 以内にあることがわかった。

【0074】反射防止膜のエッチング終了後、パターニングされたレジスト膜と反射防止膜とをエッチングマスクとして用いて、実施例1と同様の条件でBPSG膜のエッチングを行なった。エッチング後のBPSG膜の開孔部の直径は0.275 μm であり、規格内の寸法(0.25 $\mu\text{m} \pm 10\%$)で被加工膜の加工を行なうことができた。

(比較例2) BPSG膜に対して粗面化処理を行わず、この表面に実施例3と同様の膜厚50nmの反射防止膜、およびレジスト膜を形成した。

【0075】BPSG膜厚を500nmに固定し、レジスト膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を500nmに固定し、BPSG膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合の寸法変動量を測定したところ、それぞれ0.03 μm 、0.035 μm であり、許容範囲(0.025 μm)を満たさないことがわかった。

【0076】これは、BPSG膜に粗面化処理を施さなかったために、反射防止膜のレジスト膜側の表面が滑らかであることによるものである。すなわち、界面での光反射率が減衰されず、光の干渉性も保たれているために、膜厚50nmの反射防止膜ではBPSG膜およびレジスト膜内で発生する多重反射を減じることができないことがわかる。

(比較例3) 粗面化処理を施さないBPSG膜上に、レジスト膜内とBPSG膜内で発生する多重反射を抑えることが可能なように最適化された膜厚で、反射防止膜を形成した。

【0077】なお、反射防止膜の膜厚は次のようにして導出した。レジスト膜と反射防止膜との界面での光強度の反射率と、反射防止膜の膜厚との関係は、図9のグラフで表される。図9から、280nmの膜厚の反射防止膜をBPSG膜上に形成すれば、レジスト膜に再入射する光は抑えられることがわかる。また、この膜厚の場合には、反射防止膜およびBPSG膜を透過し、BPSG膜の直下の下地基板との界面で反射された後、再度、B

P S G膜に、反射防止膜を透過してレジストに至る光強度は、反射防止膜とレジスト界面に入射する光の強度を1とすると、

$$\exp(-8\pi kd/\lambda) = 0.001$$

(k:露光波長 λ に対する消衰係数、d:反射防止膜厚)

である。これは、ほとんど無視できる大きさであるので、B P S G膜の膜厚変動に伴うレジストパターンの寸法変動を抑えることができる。

【0078】上述の比較例2において、反射防止膜の膜厚を280nmとする以外は、同様にしてこの上にレジスト膜を形成し、0.25 μ mのコンタクトホールパターンを形成した。

【0079】B P S G膜厚を500nmに固定し、レジスト膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を500nmに固定し、B P S G膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合の寸法変動量を測定したところ、いずれも0.01 μ mであり、許容範囲(0.25 μ m)にあり、レジスト膜、B P S G膜の膜厚変動に伴うレジストパターンの寸法変動を抑えることができた。

【0080】次に、得られたレジストパターンをエッチングマスクとして用いて反射防止膜のエッチングを行なったところ、反射防止膜のエッチング終了後に生じた寸法変換差は、0.03 μ mにも及んでいない。この値は、許容範囲の0.025 μ mを越えており、膜厚280nmの反射防止膜を形成した場合には、レジストパターンの寸法変動を抑えることができるものの、被加工膜に対して所望の寸法でコンタクトホールの開孔を行なうことができないことがわかる。

(実施例4) A l - S i膜上(厚さ500nm)に、被加工膜としてのT E O S酸化膜を膜厚1500nmで堆積し、そのうち膜厚700nmをCMP (Chemical Mechanical Polishing)により研磨した。CMP装置としては、一定盤、一研磨ヘッド、エアー加圧方式のものをを用い、研磨剤には水酸化カリウムをベースとした粒子径200nmのコロイダルシリカを用いた。なお、研磨速度は120nm/minとし、研磨後、水で二次研磨を行なった。

【0081】続いて、研磨処理後のT E O S酸化膜上に、ポリサルフォン系樹脂を主成分とする溶液を80nmの膜厚で塗布し220℃で90秒間ベーキングを行なって、反射防止膜を形成した。さらに、この上には、上述と同様のレジスト膜を形成し、同様の手法で0.25 μ mのコンタクトパターンを形成した。

【0082】B P S G膜厚を500nmに固定し、レジスト膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を500nmに固定し、B P S G膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合との寸法変動量を測定したところ、いずれも0.01 μ mであ

り、許容範囲(0.025 μ m)にあることが分かった。また、実施例3と同様の条件で反射防止膜のエッチングを行なったところ、寸法変換差は0.018 μ mであり、許容範囲(0.025 μ m)にあることがわかった。

【0083】その後、パターンニングされたレジスト膜と反射防止膜とをエッチングマスクとして用いて、実施例1と同様の条件でB P S G膜のエッチングを行なったところ、開孔部の寸法変換差は0.27 μ mであり、規格内の寸法(0.25 μ m \pm 10%)に加工することができた。

(比較例4) 粒子径10nmのコロイダルシリカを用いて被加工膜であるT E O S膜の研磨を行なった。研磨後の表面をA F Mで測定したところ、粒子径200nmのコロイダルシリカで研磨した場合と比較して、鏡面状態に近く研磨されていることがわかった。

【0084】次に、T E O S酸化膜上にポリサルフォン系樹脂を主成分とする溶液を80nmの膜厚で塗布し、220℃で90秒間ベーキングを行なって反射防止膜を形成し、さらにその上にレジスト膜を形成した。

【0085】そして、実施例3と同様の手法で0.25 μ mのコンタクトホールパターンを形成した。B P S G膜厚を500nmに固定し、レジスト膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を500nmに固定し、B P S G膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合との寸法変動量を測定したところ、いずれも0.03 μ mであり、許容範囲を越えることが分かった。これは、T E O S酸化膜の表面が滑らかであるため、T E O S酸化膜と反射防止膜との界面での光反射率が低下せず、しかも界面で入射および反射する光の干渉性が乱れないため、T E O S酸化膜内およびレジスト膜内での多重反射が減じられていないためであると考えられる。

(実施例5) 被加工膜であるB P S G膜上に、粒子径6nmの粉末カーボン、ポリサルフォン、シクロヘキサノンを重量比で1:9:90の割合で混合した溶液を、膜厚50nmで塗布した後、220℃で90秒間ベーキングを行なって有機膜を形成した。この有機膜上には、ポリサルフォンとシクロヘキサノンを重量比で1:10の割合で混合した溶液を膜厚10nmで塗布し、220℃で90秒間ベーキングを行って反射防止膜を形成した。

【0086】そして、実施例3と同様にしてレジスト膜を形成し、0.25 μ mのコンタクトホールパターンを形成した。B P S G膜厚を500nmに固定し、レジスト膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を500nmに固定し、B P S G膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合との寸法変動量を測定したところ、いずれも0.01 μ mであり、許容範囲(0.025 μ m)にあることが分かつ

た。

【0087】また、実施例3と同様の条件で反射防止膜のエッチングを行なったところ、寸法変換差は $0.018\mu\text{m}$ で許容範囲($0.025\mu\text{m}$)にあることがわかった。その際、残渣等の異常は生じることはなかった。

【0088】さらに、パターンニングされたレジスト膜と反射防止膜とをエッチングマスクとして用いて、実施例1と同様の条件でBPSG膜のエッチングを行なったところ、開孔部の寸法は $0.27\mu\text{m}$ となり、規格内の寸法($0.25\mu\text{m}\pm 10\%$)で加工することができた。10

(比較例6) ポリサルフォン、シクロヘキサノンを、1:10の重量比で混合した溶液を用いて、粉末カーボンを含有しない反射防止膜をBPSG膜上に 60nm の膜厚で形成した。さらに、上述と同様にしてこの反射防止膜上にレジスト膜を形成し、 $0.25\mu\text{m}$ のコンタクトホールパターンを形成した。

【0089】BPSG膜厚を 500nm に固定し、レジスト膜厚を $450\sim 550\text{nm}$ の範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を 500nm に固定し、BPSG膜厚を $450\sim 550\text{nm}$ の範囲で変化させた場合との寸法変動量を測定したところ、いずれも $0.03\mu\text{m}$ であり、許容範囲($0.025\mu\text{m}$)を越えていることがわかった。これは、粉末カーボンが含有されていないので、膜厚 60nm の反射防止膜では、レジスト膜中で発生する多重反射を減じることができないためであると考えられる。20

(比較例7) 粉末カーボンを含有しない反射防止膜を、被加工膜と、レジスト膜内での多重反射を抑えることができる最適膜厚でBPSG膜上に形成した。ポリサルフォン、シクロヘキサノンを1:10の割合で配合した溶液を、BPSG膜上に 280nm の膜厚で塗布した後、 220°C で90秒間ベーキングを行なった。なお、膜厚は、比較例3の結果に基づいて決定した。30

【0090】さらに、上述と同様にしてこの反射防止膜上にレジスト膜を形成した後、 $0.25\mu\text{m}$ のコンタクトホールパターンを形成した。BPSG膜厚を 500nm に固定し、レジスト膜厚を $450\sim 550\text{nm}$ の範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を 500nm に固定し、BPSG膜厚を $450\sim 550\text{nm}$ の範囲で変化させた場合との寸法変動量を測定したところ、いずれも $0.01\mu\text{m}$ であり、許容範囲内($0.025\mu\text{m}$)であった。40

【0091】しかしながら、得られたレジストパターンをエッチングマスクとして用いて、実施例3と反射防止膜のエッチングを行なったところ、寸法変換差は $0.03\mu\text{m}$ であり、許容範囲($0.025\mu\text{m}$)を越えており、所望の寸法で被加工膜を開孔することができなかった。

(実施例6) ポリサルフォン、ポリアミド、シクロヘキサノンを、1:0.2:10の重量比で混合して溶液を50

得、この溶液を 50nm の膜厚でBPSG膜上に塗布し、 225°C で90秒間ベーキングを行なって反射防止膜を形成した。得られた反射防止膜をSEM観察したところ、膜中に直径 6nm 、長さ 15nm 程度のひも状の析出物が存在することがわかった。

【0092】この反射防止膜上に、実施例3と同様にしてレジスト膜を形成し、さらに $0.25\mu\text{m}$ のコンタクトホールパターンを形成した。BPSG膜厚を 500nm に固定し、レジスト膜厚を $450\sim 550\text{nm}$ の範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を 500nm に固定し、BPSG膜厚を $450\sim 550\text{nm}$ の範囲で変化させた場合の寸法変動量を測定したところ、いずれも $0.01\mu\text{m}$ であり許容範囲($0.025\mu\text{m}$)にあることがわかった。

【0093】また、得られたレジストパターンをエッチングマスクとして用いて、実施例3と同様の条件で反射防止膜のエッチングを行なったところ、寸法変換差は $0.018\mu\text{m}$ であり、許容範囲($0.025\mu\text{m}$)にあることがわかった。

【0094】その後、パターンニングされたレジスト膜と反射防止膜とをエッチングマスクとして用いて実施例1と同様の条件でBPSG膜のエッチングを行なったところ、開孔部の寸法は $0.27\mu\text{m}$ であり、規格内の寸法($0.25\mu\text{m}\pm 10\%$)で加工することができた。

(比較例8) ポリアミドを配合しない溶液を用いる以外は、上述の実施例6と同様にして膜厚 50nm の反射防止膜をBPSG膜上に形成した。

【0095】この反射防止膜上に、実施例3と同様にしてレジスト膜を形成し、さらに $0.25\mu\text{m}$ のコンタクトホールパターンを形成した。BPSG膜厚を 500nm に固定し、レジスト膜厚を $450\sim 550\text{nm}$ の範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を 500nm に固定し、BPSG膜厚を $450\sim 550\text{nm}$ の範囲で変化させた場合とについて、寸法変動量を測定したところ、いずれも $0.01\mu\text{m}$ であり、許容範囲($0.025\mu\text{m}$)にあることがわかった。

【0096】しかしながら、実施例3と同様のエッチング条件で反射防止膜のエッチングを行なったところ、寸法変換差は $0.03\mu\text{m}$ と許容範囲($0.025\mu\text{m}$)を越えており、所望の寸法で開孔することができなかった。

(実施例7) Al-Si膜上に散乱促進膜としてのTiN膜を形成した後、ECRイオン源を用いてArイオンを照射して、TiN膜表面に粗面化処理を施した。

【0097】TiN膜は、Tiをターゲットとし、分圧 $5\times 10^{-4}\text{ Torr}$ の窒素ガスをチャンバー内に流し、活性スパッター法により 50nm の膜厚で成膜した。なお、ここで用いた装置の構成、および照射条件は、実施例1と同様である。すなわち、マイクロ波の周波数 2.45GHz 、磁気コイルの磁束密度 875G 、イオン引

き出し電圧800V、電流密度 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 、真空度 $2\times 10^{-4}\text{Torr}$ 、照射時間300秒とした。

【0098】照射後の表面には、不規則な凹凸が形成されており、その凸部間の間隔および凹凸の深さは、最大でも30nmであった。なお、Arイオンの照射時間は、次のようにして決定した。

【0099】図5で定義した寸法変動量を、BPSG膜厚を変動させた場合について、Arイオンの照射時間に対してプロットしたグラフを図10に示す。図10から、照射時間が300秒より短いと、寸法変動量が増大することがわかる。このことから、300秒未満では、BPSG膜表面に十分に凹凸を形成することができないため、BPSG膜内で発生する多重反射を抑えることができないことがわかる。したがって、Arイオンの照射時間は300秒とした。

【0100】次に、粗面化処理を行った後のTiN膜上に、被加工膜として膜厚500nmのTEOS酸化膜を形成し、この表面にポリサルフォンを主成分とする溶液を51nmで塗布し、225℃で90秒間のベーキングを行なって、反射防止膜を形成した。

【0101】さらに、この反射防止膜上に、実施例3と同様のレジスト膜を形成した後、0.25μmのコンタクトホールパターンを形成した。BPSG膜厚を500nmに固定し、レジスト膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を500nmに固定し、BPSG膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合の寸法変動量を測定したところ、いずれも0.01μmで許容範囲(0.025μm)であった。

【0102】また、実施例3と同様のエッチング条件で反射防止膜のエッチングを行ったところ、寸法変換差は、0.018μmで許容範囲(0.025μm)にあることがわかった。その際、残さ等の異常は生じることにはなかった。

【0103】パターンニングされたレジスト膜と反射防止膜とをエッチングマスクとして、BPSG膜のエッチングを実施例1と同様の条件で行ったところ、開孔部の寸法変換差は、0.27μm(0.25±10%)であり、規格内の寸法に加工することができた。

(比較例9)粗面化処理を行わなかったTiN膜上に、TEOS酸化膜、反射防止膜、およびレジスト膜を順次形成した後、レジストパターンを形成した。TEOS膜厚を500nmに固定し、レジスト膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を500nmに固定し、TEOS膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合の寸法変動量は、いずれも0.03μmであり許容範囲を越えていた。

【0104】上述の実施例7の結果との比較から、透明膜直下に存在するTiN膜の表面に粗面化処理を施したことにより、レジスト膜中およびTEOS酸化膜中で発生する多重反射が抑制されることがわかる。

(比較例10)粗面化処理を施さないTiN膜上に被加工膜であるTEOS酸化膜を成膜し、このTEOS酸化膜上に、レジスト膜中とTEOS酸化膜中で発生する多重反射を抑えることが可能な最適膜厚280nmで反射防止膜を塗布した。なお、この反射防止膜の膜厚は、上述の比較例3の場合と同様にして決定した。

【0105】さらに、反射防止膜上には、上述と同様のレジスト膜を形成してコンタクトホールパターンを形成した。TEOS膜厚を500nmに固定し、レジスト膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合と、レジスト膜厚を500nmに固定し、TEOS膜厚を450~550nmの範囲で変化させた場合の寸法変動量を測定したところ、いずれも0.01μmで許容範囲であった。

【0106】しかしながら、実施例3と同様の条件で反射防止膜のエッチングを行ったところ、寸法変換差は、0.03μmで許容範囲を越えており、所望の寸法で被加工膜の加工を行うことができなかった。

【0107】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、被加工膜を高い寸法精度で加工し得るレジストパターンを、反射防止膜を設けることなく、しかもレジスト膜厚の変動に伴う寸法変動なく形成し得るパターン形成方法が提供される。かかるレジストパターン形成方法は、電子部品の微細加工などのフォトリソグラフィ技術において有効であり、その工業的価値は絶大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を示す模式図。

【図2】第1の発明のパターン形成方法の作用を説明するための図。

【図3】第2の発明のパターン形成方法の作用を説明するための図。

【図4】ECRイオン源装置を示す模式図。

【図5】コンタクトホールパターンの直径とBPSG膜厚との関係を示すグラフ図。

【図6】コンタクトホールパターンの直径とレジスト膜厚との関係を示すグラフ図。

【図7】寸法変動量と照射時間との関係を示すグラフ図。

【図8】反射防止膜のエッチング工程とエッチング変換差の定義を示す図。

【図9】反射防止膜の膜厚変化に対するレジスト膜と反射防止膜との界面での光強度反射率の変化を示すグラフ図。

【図10】寸法変動量と照射時間との関係を示すグラフ図。

【符号の説明】

1…第(k-1)層

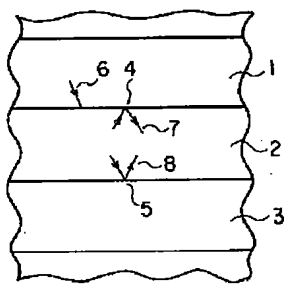
2…第k層

3…第(k+1)層

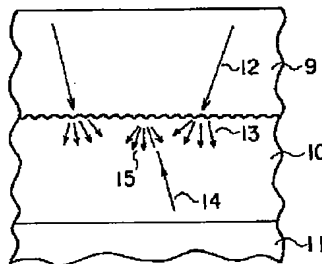
- 4…第(k-1)層と第k層との界面で、第k層に向かって再反射される強度反射率
 5…第k層と第(k+1)との界面で第k層に向かって再反射される強度反射率
 6…第(k-1)層から第k層に入射する光
 7…第(k-1)層と第k層との界面で第k層に向かって反射する光
 8…第(k+1)層と第k層との界面で第k層に向かって反射する光
 9…レジスト膜
 10…表面に微細な凹凸を有する被加工膜
 11…下地膜
 12…入射光
 13…ランダムな方向に入射する光
 14…被加工膜と下地膜との界面で反射された光
 15…ランダムな方向に反射する光

- * 16…レジスト膜
 17…被加工膜
 18…表面に微細な凹凸を有する散乱促進膜
 19…基板
 20…入射光
 21…ランダムな方向に反射される光
 22…マイクロ波
 23…磁気コイル
 24…プラズマ
 25…イオン引き出し電極
 26…イオンビーム
 27…BPSG膜が形成されたシリコンウェハ基板
 28…レジスト膜
 29…反射防止膜
 30…BPSG膜
 31…Al-Si膜

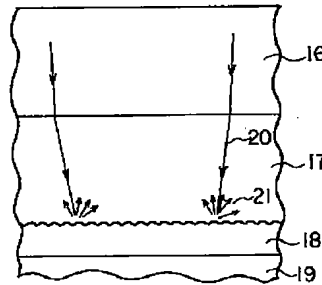
【図1】



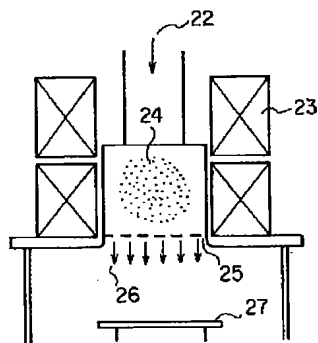
【図2】



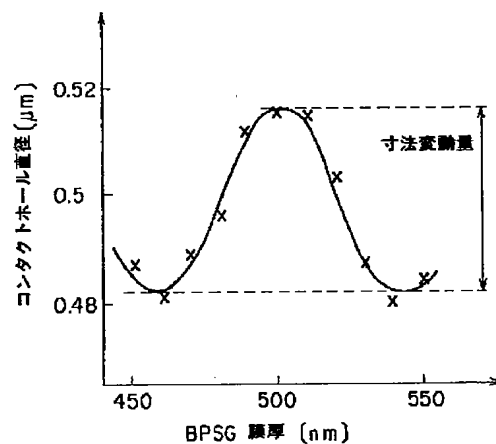
【図3】



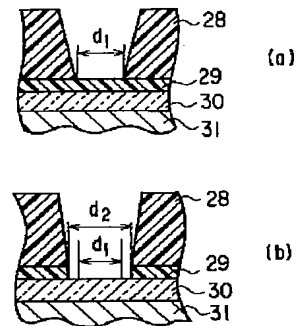
【図4】



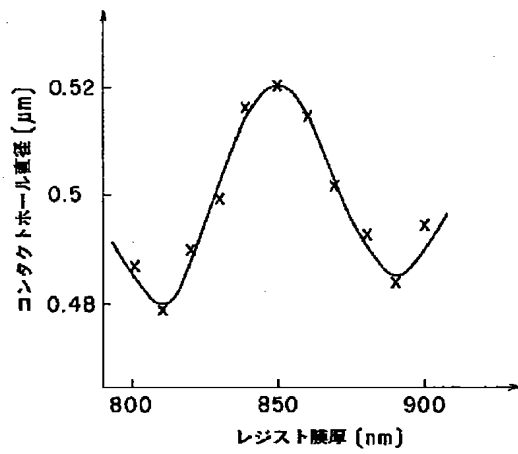
【図5】



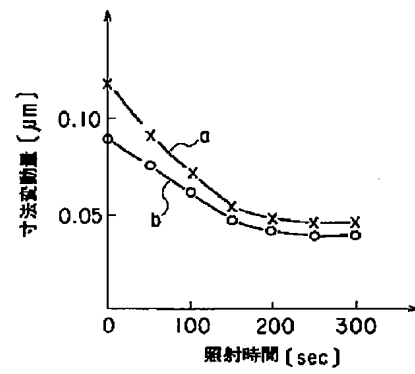
【図8】



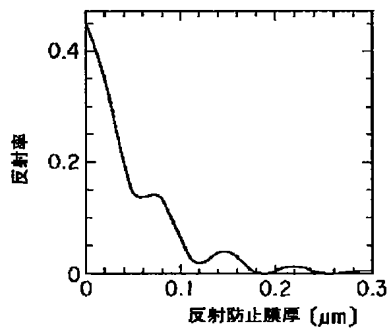
【図6】



【図7】



【図9】



【図10】

